

## Пути управления транспортным потоком

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»*

Введено понятие удельной динамической плотности и показателя для определения предельной скорости и предельной плотности транспортных средств для оценки состояния транспортной системы.

**Ключевые слова:** транспортный поток, плотность, скорость, динамический габарит, маневренный габарит.

### Введение

В современных условиях рыночных отношений размещение организаций, фирм, предприятий носит стихийный характер, что для центров крупнейших городов со сложившейся архитектурно планировочной застройкой не всегда корректно. Существенно меняется динамика и состояние транспортного потока в сторону непрогнозируемого изменения плотности. Это ведет к нарушениям функционирования транспортной сети и необходимости определения рациональных решений нормализации ситуации.

Целью настоящей работы является установление возможных показателей оценки состояния функционирования транспортной системы. Такой оценкой, по нашему мнению, может быть определение величины динамической плотности транспортного потока и определяющих его характеристик. Динамическая плотность транспортного потока определяется количеством единиц транспортных средств  $n_i$  на участке конечной площади  $\omega_i$  в единицу времени (сутки, час), т.е.

$$I_V = (n_i / \omega T)$$

и характеризует скорость изменения удельной плотности средств транспорта.

В качестве меры при оценке состояния транспортной системы должна быть принята нормативная удельная динамическая плотность, удовлетворяющая заданному состоянию.

Известные решения [1, 2] по улучшению функционирования транспортной системы крупных городов были направлены на разработку глобальных реконструкций и связаны со значительными затратами времени и средств.

Обоснованных решений с учетом динамики изменения состояния транспортной сети и выбор показателей для оценки при жестких ограничениях по времени и ресурсам не проводилось.

Одним из решений, обеспечивающим возможность управления транспортным потоком, является фискальное (административное, законодательное) ограничение параметров транспортного потока. Так, известное ограничение скорости некоторой предписанной [3]  $V_{\text{норм}}$  или  $V_{\text{расч}}$  для городских магистралей равно 120 км/ч для скоростного движения и 80 км/ч для регулируемого.

Если допустить, что управляемыми параметрами удельной динамической плотности являются:

– скорость движения транспортных средств  $V = V(\sum_1^n \varphi_i(x,t))$ , величина, которая также определяется действием совокупности различных факторов,  $\varphi_i(x,t)$ ;

– вид транспортного средства, отражаемого его габаритными размерами  $A, B$ ;

– условия использования транспортных средств, отражаемые разрывами (размерами) безопасного маневрирования  $a_i b_i$  (которые могут быть отнесены к условно-постоянным), то, используя понятие динамического габарита [2,4], равно-го  $\omega_{дин}=[V_{норм}+(A+a)][B=b]$ , удельную динамическую плотность можем предста-вить как непрерывное нахождение единицы движущегося транспорта в пределах зоны, равной динамическому габариту, т.е

$$I_{V_{норм}}=1/[V_{норм}+(A+a)][B=b]. \quad (1)$$

Такая величина может быть принята в качестве нормативной или базовой.

Размещение в этой зоне  $n$  единиц транспорта меняет динамическую плот-ность средств транспорта в сторону увеличения на той же площади  $\omega_{дин}$ , что при-водит к уменьшению скорости движения  $V$ . Поэтому

$$nI_{V_{норм}} = I_V, \quad (2)$$

или

$$n/[V_{норм} + (A + a)][B + b] = 1/[V + (A_i + a_i)][B_i + b_i] \quad (3)$$

где  $(A_i + a_i)(B_i + b_i)$  – средне вероятное значение маневренных габаритов, определяемое структурой транспортного потока и условиями движения.

При  $V = V_{норм}$ ,  $n=1$ , что соответствует определению понятия динамический габарит.

Вследствие зависимости величин  $a_i$  и  $b_i$ , от скорости движения, т.е.  $a_i(V), b_i(V)$ , уравнение (3) может быть упрощено, если  $(B+b)=(B_i+b_i)$ . Так как габа-рит по фронту  $(B+b)$  практически меняется незначительно. Тогда из равенства (3) получаем

$$n = [V_{норм} + (A + a)] / [V + (A_i + a_i)] . \quad (4)$$

Так как предельному количеству средств транспорта  $n_{пред}$  соответствует значение  $V = 0$  (полная остановка), то из (3) и (4) получаем:

$$n = \omega_{дин} / \omega_{манев} = (V_{норм} / (A + a)) + 1 \quad (5)$$

Следовательно, предельное количество средств транспорта равно отноше-нию динамического габарита к маневренному и определяется нормативным зна-чением скорости движения, структурой транспортных средств и условиями вожде-ния.

Уравнение (2) (или (3)) позволяет учесть влияние положительных и отрица-тельных факторов на состояние транспортного потока и величину этого отклоне-ния от нормативного.

В качестве такого показателя целесообразно принять значение предельно допустимой скорости транспорта для выполнения заданной целевой задачи. Например, перемещение со скоростью, больше или равной скорости пешехода  $\vartheta$ , т.е.  $V_{пред} \geq \vartheta$ . Поэтому из уравнения (3) предельная насыщенность транспортного потока  $n_{\Sigma}$  ;

$$n_{\Sigma} = \sum_i^m n_j ; \quad \sum_i^m n_j \leq V_{пред} + (A + a) / \vartheta + (A_j + a), \quad (6)$$

т.е. равна отношению динамических габаритов.

Если, в общем случае, находящийся в исследуемой зоне транспорт движет-ся со скоростью  $0 \leq V_i \leq V_{норм}$ , то

$$n_{\Sigma} \leq \sum_1^m n_j \leq \sum_1^m \sum_1^{n_i} [V_i + (A + a)] / \sum_1^m \sum_1^{n_i} [\vartheta + (A_j + a)], \quad (7)$$

или приближенно:

$$n_{\Sigma} \leq V_{cp} + (A + a)_{cp}/\vartheta + (A + a)_{cp}, \quad (8)$$

где  $V_{cp}$  – средне вероятное значение скорости движения транспорта;

$(A + a)_{cp}$  – средне вероятное значение габарита по ходу движения.

Согласно нашим исследованиям и проведенным ранее [1] диапазон изменения скорости движения транспортных средств меняется в пределах  $0 \leq V \leq 1.5V_{норм}$  в зависимости от вида транспорта, а средневероятное значение и от доли этого вида транспорта в общем потоке (см. рис.1).

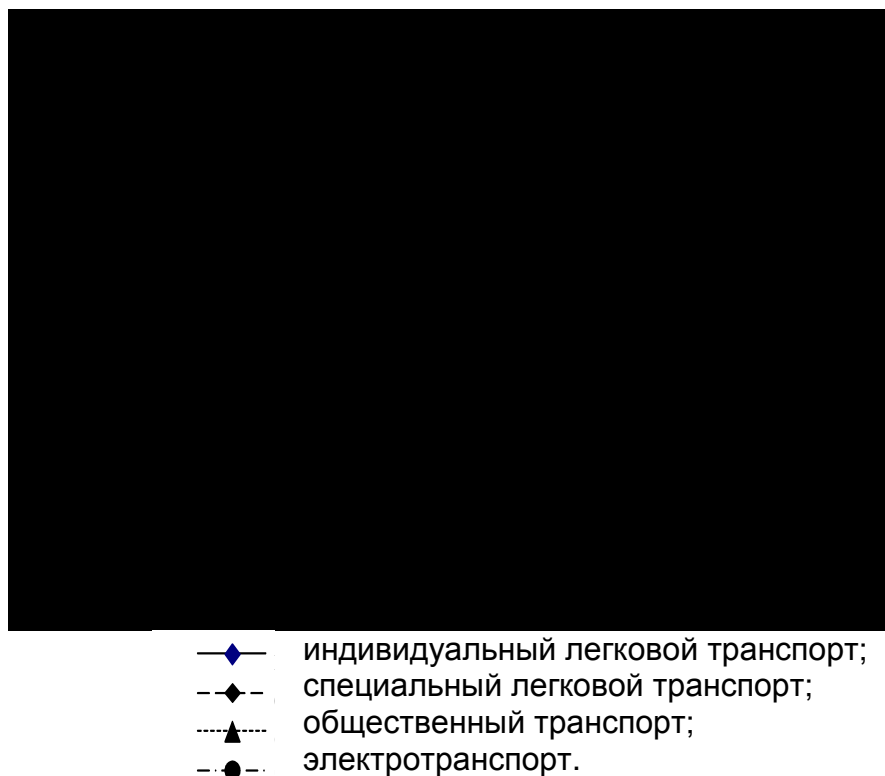


Рис.1. Скорость движения транспортных средств по видам (на примере г. Харькова, ул. Сумская, 24 --100)

Средне вероятное значение скорости и маневренного габарита определяется по уравнениям:

$$V = \sum_1^m \cdot \sum_1^n V_i P_i / \sum P_i, \quad (A + a_i)_{cp} = \sum (A_i + a_i) P_i / \sum P_i.$$

Из уравнений (6 -- 8) следует, что для повышения предельной плотности (насыщенности) необходимо увеличение средней скорости. Поэтому в критических местах следует ожидать увеличение количества случаев превышения скорости. Рациональный выбор  $V_{пред}$  должен отражать тенденцию развития автотранспорта, например, в увеличении количества транспортных средств на 1000 жителей в данной зоне (рис.2).

Одновременно средством разгрузки является выделение полос движения с повышенной скоростью.

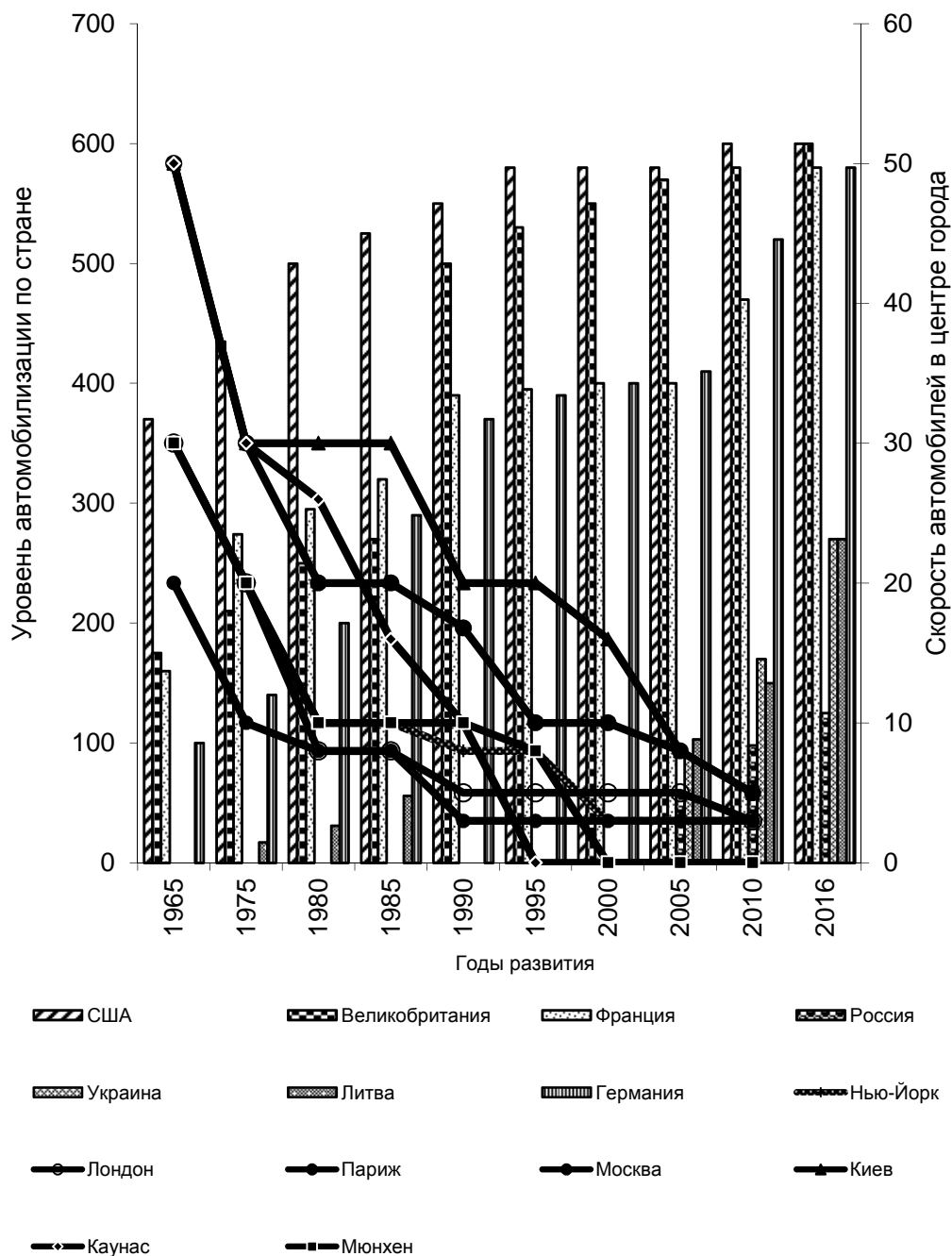


Рис.2. Изменение скорости движения в центрах крупнейших городов по данным уровня автомобилизации различных стран за период 1960 -- 2016 г.г.

### Выводы

Состояние функционирования улично-дорожной сети может быть определено по величине удельной динамической плотности транспортных средств и, в частности, предельной скорости движения или предельной плотности транспортных средств. Средне вероятные значения предельной плотности зависят от вида транспорта и доли этого транспорта в потоке.

Поэтому, вторым направлением управления транспортным потоком является уменьшение собственного габарита  $A$  и  $B$  средства транспорта и разрывов без-

опасности  $a$  и  $b$  за счет технических решений и автоматизации при движении и маневрировании. Примерами управления по этому направлению транспортным потоком также является уменьшение собственного габарита, установка сенсоров и автоматов управления.

### Список литературы

1. Завальный, А.В. Обоснование характеристик магистралей преимущественно грузового движения: дис. канд. техн. наук: 05.23.11 А.В. Завальный – Х., 1991. – 137с.
2. Черепанов, В.А. Транспорт в планировке городов. В.А. Черепанов – М.: Стройиздат, 1981. – 216 с.
3. ДБН 360-92. Державні будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – введ. 17.04.92. – К.: Мінінвестбуд України, 1992. – 67 с.
4. Боборыкина Т.Ю. Определение характеристик транспортного потока при неустановившемся движении средств транспорта. Т.Ю. Боборыкина // Вестник ХНАДУ. – Вып. 31. – Х., 2005. – С. 36-38.

Поступила в редакцию 04.06.2018

## Шляхи керування транспортним потоком

Анотація .-Для оцінки стану транспортної системи запроваджено поняття питомої динамічної щільності та визначено показники для граничної швидкості і граничної щільності транспортних засобів.

**Ключові слова:** транспортний потік, щільність, швидкість, динамічний габарит, маневрений габарит.

## Ways to Control Traffic Flow Guide

Abstract - to evaluate traffic system status the concept of specific dynamic density is introduced & the indexes to determine traffic stream the top speed & top density of carriers are defined.

**Keywords:** traffic guide, density, speed, maneuver ability, dynamic clearance.

### Сведения об авторах:

**Андренко Ю.Г.** – ст. преп. каф.406 «Графического и компьютерного моделирования », Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

**Боборыкина Т. Ю.** – старший преподаватель каф.406 «Графического и компьютерного моделирования », Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

**Илюшко Я. В.** – к. т. н., доцент каф. 406 «Графического и компьютерного моделирования », Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

**Чернявский А. Ю.** - к. т. н., доцент каф. 406 «Графического и компьютерного моделирования », Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.